

Capteur à boucle électromagnétique pour la mesure des charges dynamiques appliquées à une chaussée par le trafic routier

La présente invention concerne le domaine des dispositifs de mesure des charges dynamiques appliquées à une chaussée par le trafic routier.

5 La connaissance des charges appliquées aux chaussées est nécessaire notamment à leur entretien. A cet effet, les sociétés de gestion des autoroutes effectuent le pesage des charges dynamiques appliquées aux chaussées par le trafic routier. Ce pesage est effectué généralement à l'occasion de mesures régulières, désignées sous le nom de recueil
10 automatique des données.

On utilise généralement un capteur piézo-électrique pour effectuer ces mesures de charge. Le capteur piézo-électrique est formé par un câble piézo-électrique rectiligne. Il est placé en travers de la chaussée de sorte que
15 les roues des essieux des véhicules circulant sur la chaussée le soumettent, lors de leur passage, à une pression. Le capteur répond à cette pression par l'émission d'une impulsion électrique. Les paramètres de cette impulsion permettent de déterminer la charge dynamique appliquée.

20 La présente invention a notamment pour but de proposer une solution technique alternative pour effectuer un pesage dynamique, cette solution alternative étant moins chère que celle à base de capteurs piézo-électriques.

25 A cet effet l'invention a notamment pour objet un capteur à boucle électromagnétique destiné à produire un signal répondant d'une pression appliquée à sa surface, le capteur comportant au moins :

- une boucle électromagnétique destinée à rayonner un champ électromagnétique, et
- 30 - un capot conducteur formant une interface entre la surface sur laquelle la pression est destinée à être appliquée et la boucle électromagnétique, l'interface stoppant le champ électromagnétique rayonné par la boucle.

2

L'invention présente l'avantage d'être simple à mettre en œuvre, de ne nécessiter aucun entretien, de ne nécessiter aucune calibration supplémentaire dans le temps une fois installé et calibré une première fois.

5 Selon un mode de réalisation avantageux, la boucle est sensiblement comprise dans un plan, ce plan étant sensiblement orthogonal à la direction selon laquelle la pression est appliquée. Ceci permet de rendre le capteur plus sensible dans cette direction, ce qui augmente la contribution du signal utile dans la mesure.

10

 Selon un mode de réalisation avantageux indépendant du précédent, le capot forme une partie d'une enveloppe, l'enveloppe étant configurée pour confiner entièrement le champ électromagnétique rayonné par la boucle. Ceci permet de rendre le capteur totalement insensible à la
15 présence de masses métalliques extérieures.

 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée suivante présentée à titre d'illustration non limitative et faite en référence aux figures annexées, lesquelles
20 représentent :

- la figure 1, un exemple de capteur selon l'invention en coupe longitudinale ;
- la figure 2, un exemple de capteur selon l'invention en coupe transversale ;
- 25 - la figure 3, un exemple de signaux électriques issus d'un capteur selon l'invention ;
- la figure 4, un exemple d'implantation d'un capteur selon l'invention sur une chaussée en vue de dessus ;
- la figure 5, une alternative à l'exemple représenté sur la figure 4, dans
30 laquelle le capteur selon l'invention est placé en biais sur la chaussée ;
- la figure 6, une alternative aux exemples représentés sur les figures 4 et 5, dans laquelle le capteur selon l'invention est disposé perpendiculairement à la chaussée mais n'en occupe qu'une partie.

3

On se réfère maintenant à la figure 1, une coupe longitudinale, sur laquelle est représenté un exemple de capteur 10 selon l'invention. Ce capteur présente une longueur L. Il peut être disposé en travers de l'une des voies de circulation d'une chaussée 11 dont il occupe par exemple toute la
5 largeur. Il peut être disposé perpendiculairement à la direction longitudinale de la chaussée. Dans cet exemple, le capteur 10 peut présenter une longueur L de l'ordre de 3 m.

Lorsqu'un essieu de véhicule 12 passe sur le capteur 10, il exerce
10 une pression P sur le capteur. Le capteur 10 délivre en réponse un signal électrique (voir figure 3) ayant la forme d'une impulsion. Les caractéristiques de cette impulsion dépendent de la force de compression et de la vitesse du véhicule, donc de la charge dynamique exercée par l'essieu sur la chaussée.

On se réfère maintenant à la figure 2, une coupe transversale montrant des éléments du capteur 10. Dans ce mode de réalisation, le capteur comporte un profilé rectiligne rigide 21 en U. Le profilé présente une épaisseur E, par exemple de l'ordre de 10 cm. Il présente une hauteur H, par exemple de l'ordre de 4 cm. Le profilé forme une partie de l'enveloppe
15 extérieure du capteur. Il permet d'installer facilement le capteur, par exemple dans une saignée pratiquée dans la couche de surface de la chaussée. Un rebord 25 peut être prévu sur le profilé pour lui permettre d'être fixé à la chaussée, par exemple au moyen de vis. La fixation permet d'éviter tout déplacement dans le plan horizontal.

25

Le capteur 10 comporte aussi une boucle électromagnétique 22 destinée à rayonner un champ électromagnétique. La boucle 22 peut être une boucle à plusieurs spires formant un solénoïde. Elle est reliée par un câble de retour à un circuit de détection (non représenté). La boucle présente
30 une longueur négligeable devant son diamètre. La boucle forme un circuit résonnant accordé sur la capacité d'entrée du circuit de détection. Cet ensemble forme un oscillateur dont la fréquence de résonance est comprise entre 30 et 150 kHz par exemple.

4

La boucle est de préférence fixée au fond du profilé au moyen d'un matériau de remplissage rigide 24. Ce matériau 24 peut être constitué par une résine.

- 5 Le capteur 10 comporte aussi un capot 20, placé de manière à fermer le profilé en délimitant un volume intérieur. Le capot comporte une surface métallique. Le capot peut être formé en un matériau conducteur, tel que du métal. Il est formé de préférence en un matériau non ferromagnétique, tel que de l'aluminium, du cuivre ou l'un de leurs alliages.
- 10 Le capot a notamment pour fonction d'isoler la boucle électromagnétique des masses métalliques placées en regard du capot. En d'autres termes, le capot conducteur forme une interface entre la surface sur laquelle la pression est destinée à être appliquée et la boucle électromagnétique, l'interface stoppant le champ électromagnétique rayonné par la boucle. De cette manière, le
- 15 signal délivré par le capteur ne dépend pas des propriétés électromagnétiques (masse métallique) des véhicules.

- Le volume laissé libre entre le capot 20 et la boucle 22 peut être occupé par un matériau de remplissage. La compression du matériau de remplissage permet au capot un déplacement vertical. En d'autres termes, le
- 20 capot peut se déplacer verticalement selon un mouvement de translation, lorsqu'une pression est appliquée à la surface du capteur. Ainsi, le passage d'un essieu 12 au-dessus du capteur diminue la distance entre le capot et la boucle électromagnétique, ce qui approche la masse métallique du capot de
- 25 la boucle.

- Le matériau de remplissage 22 présente des propriétés élastiques, de telle sorte que le capot reprend sa position initiale après le passage d'un essieu. Il est de préférence en une matière souple et résistante
- 30 capable de supporter les agressions du trafic. Par exemple, le matériau peut être formé par une mousse.

- Le profilé rigide 21 est réalisé de préférence en un métal, tel que l'aluminium. Il peut être réalisé à partir d'une plaque de 4 mm d'épaisseur.
- 35 L'ensemble formé par le capot et le profilé forme une enveloppe métallique.

5

Cette enveloppe permet de confiner entièrement le champ électromagnétique rayonné par la boucle 22. L'utilisation d'une enveloppe métallique rend le signal uniquement dépendant de la déformation de cette enveloppe. Cette déformation est dans cet exemple de réalisation
5 uniquement liée au déplacement du capot.

De plus, l'utilisation d'une enveloppe métallique assure un meilleur isolement électromagnétique de la boucle. Ceci est utile notamment si le capteur est destiné à être utilisé dans un environnement où des masses
10 métalliques sont présentes sous le capteur, tel que dans les chaussées en béton.

On se réfère maintenant à la figure 3 sur laquelle est représenté un exemple de signaux électriques issus d'un capteur selon l'invention.
15

Lorsqu'un véhicule passe au-dessus du capteur, il exerce une force de pression à la surface du capteur. Cette force de pression modifie la position et/ou la forme du capot ce qui provoque une réduction apparente de la réactance et de l'inductance de la boucle. Cette variation peut être
20 détectée par le circuit de détection. Le capteur à boucle électromagnétique permet ainsi de mesurer des paramètres dépendant de la force de pression appliquée.

La figure 3 représente sous forme de courbes 30, 31, 32, 33 un
25 exemple de la variation relative de l'inductance de la boucle lors du passage d'un essieu de véhicule sur un capteur selon l'invention. La variation de l'inductance relative peut s'exprimer par la relation suivante :

$$\frac{\delta L}{L} = \frac{L_0 - L_1(t)}{L_0}$$

30

où L_0 représente la valeur au repos de l'inductance de la boucle, et $L_1(t)$ la valeur apparente à l'instant t de l'inductance de la boucle.

6

La courbe 33 correspond à une charge normale. Les courbes 32, 31 et 30 correspondent respectivement à cette charge diminuée de 40%, 60%, 80% et 90%.

5 On peut ainsi effectuer une calibration du capteur selon l'invention. Cette calibration permet de définir la hauteur du pic de la courbe en fonction des paramètres vitesse et poids du véhicule.

Afin de déterminer le poids, il est donc nécessaire d'avoir une
10 connaissance de la vitesse. Le capteur selon l'invention est avantageusement combiné à d'autres capteurs permettant d'effectuer des mesures de vitesse.

Selon un autre mode de réalisation avantageux, on peut effectuer
15 une mesure grossière en supposant que la vitesse est égale à une vitesse moyenne, à déterminer.

La largeur temporelle de la courbe dépend notamment de la
vitesse de passage du véhicule, mais aussi de la largeur des pneus. Par
20 conséquent, selon un mode de réalisation avantageux de l'invention, on utilise l'aire sous la courbe ou la largeur temporelle de la courbe pour effectuer la calibration du capteur selon l'invention.

On se réfère maintenant à la figure 4, sur laquelle est représenté
25 un exemple d'implantation d'un capteur selon l'invention sur une chaussée en vue de dessus.

Dans cet exemple d'implantation, un premier capteur selon
l'invention est disposé transversalement sur toute la largeur de la chaussée.
30 Sa direction est sensiblement perpendiculaire à la chaussée. Un second capteur 40 à boucle électromagnétique de détection de présence est disposé à proximité. Ce second capteur permet de détecter la présence des véhicules par la détection de leurs masses métalliques. Il présente des caractéristiques connues de l'homme du métier. Il se distingue
35 principalement du capteur selon l'invention en ce qu'il ne comporte pas de

7

capot conducteur. Il présente une longueur dans la direction V de déplacement des véhicules de l'ordre de un à deux mètres. L'utilisation de ce second capteur permet de générer un signal de présence pendant toute la durée du passage d'un véhicule. Ceci permet d'associer les mesures de charge dynamique successives à un même véhicule. En effet, le premier capteur 10 à lui seul ne permet pas de déterminer si une mesure de charge d'essieu est associée à un véhicule ou à un autre.

On se réfère maintenant à la figure 5, sur laquelle est représentée une alternative à l'exemple représenté sur la figure 4, dans laquelle le capteur selon l'invention est placé en biais sur la chaussée. Ceci permet d'effectuer un pesage roue par roue. De plus, si on associe un autre capteur selon l'invention, disposé perpendiculairement à la chaussée (comme représenté sur la figure 4), on peut en déduire la localisation latérale du véhicule sur la chaussée à partir de la connaissance de la vitesse et de la différence des temps de passage des roues gauche et droite du véhicule sur les deux capteurs selon l'invention.

On se réfère maintenant à la figure 6, sur laquelle est représentée une alternative aux exemples représentés sur les figures 4 et 5, dans laquelle le capteur selon l'invention est disposé perpendiculairement à la chaussée mais n'en occupe qu'une partie. On peut par exemple partager la voie en deux moitiés dans le sens de la largeur, et disposer un capteur 10a, 10b sur chaque moitié. Ceci permet d'effectuer un pesage roue par roue.

25

Bien entendu, l'invention ne se limite pas à ces exemples de réalisation.

Les capteurs représentés dans ces exemples de réalisation sont des capteurs de saignée, c'est à dire des capteurs intégrés dans la chaussée. L'invention s'applique aussi aux capteurs de surface, c'est à dire aux capteurs placés au-dessus de la chaussée.

Dans ces exemples de réalisation, le signal électrique est produit par déplacement élastique (translation) d'un capot rigide. Il est possible de

35

manière alternative de prévoir un capot déformable. La déformation de ce capot est alors élastique. Dans ce cas, le signal électrique est produit par la déformation du capot. On peut ainsi prévoir un capot mobile et déformable de manière élastique lorsqu'une pression est appliquée à la surface du capteur. Quoiqu'il en soit, la déformation et/ou le déplacement du capot provoque un rapprochement d'un conducteur (faisant partie intégrante du capot) de la boucle électromagnétique.

Le capot n'est pas nécessairement entièrement formé d'un même matériau. Il peut être par exemple réalisé essentiellement en un matériau sélectionné pour ses propriétés mécaniques (rigidité, élasticité...), ce matériau étant recouvert d'une couche de métallisation pour lui donner les propriétés électromagnétiques souhaitées.

Par exemple, dans l'exemple de réalisation représenté sur la figure 2, le capot 20 peut être remplacé par une couche de polymère comportant des particules de graphites. Cette couche de polymère forme ainsi un capot déformable. Ce capot déformable (par écrasement) peut être placé sur une couche de polymère sans particule de graphite. Le capteur comporte ainsi trois couches : une première couche de matériau de remplissage rigide 24, une seconde couche de polymère sans particule de graphite 23 et une troisième couche de polymère avec particules de graphite. La troisième couche de polymère forme ainsi le capot du capteur selon l'invention.

25

Dans l'exemple de réalisation représenté sur la figure 2, le volume laissé libre entre le capot et la boucle est occupé par un matériau de remplissage. D'une manière plus générale, ce volume peut être occupé par toute substance ou dispositif compressible. Ainsi, le matériau souple peut être remplacé par un gaz. Dans ce cas, le capteur comporte de préférence une sonde pour mesurer la température de manière à corriger les variations de pressions du gaz correspondant aux variations de température.

REVENDEICATIONS

1. Système de pesage dynamique comprenant une combinaison d'au moins un capteur de mesure de vitesse, et un capteur à boucle électromagnétique destiné à produire un signal répondant d'une pression appliquée à sa surface, le capteur à boucle électromagnétique comportant au moins :
- 5 - une boucle électromagnétique (22) destinée à rayonner un champ électromagnétique, et
- un capot conducteur (20) formant une interface entre la surface sur laquelle la pression (P) est destinée à être appliquée et la boucle électromagnétique, l'interface stoppant le champ électromagnétique rayonné par la boucle.
- 10 2. Système selon la revendication 1 dans lequel la boucle est sensiblement comprise dans un plan, ce plan étant sensiblement orthogonal à la direction selon laquelle la pression est appliquée.
- 15 3. Système selon la revendication 1 dans lequel capot forme une partie d'une enveloppe, l'enveloppe étant configurée pour confiner entièrement le champ électromagnétique rayonné par la boucle.
- 20 4. Système selon la revendication 1 dans lequel le capot est configuré pour se déformer lorsqu'une pression est appliquée à la surface du capteur, la déformation du capot étant élastique.
- 25 5. Système selon la revendication 1 dans lequel le capot est configuré pour se déplacer de manière élastique lorsqu'une pression est appliquée à la surface du capteur.
- 30 6. Système selon la revendication précédente dans lequel le déplacement du capot comporte une translation vers la boucle.
7. Système selon la revendication précédente comportant en outre une matière élastique (23), placée entre le capot et la boucle, ladite matière élastique se compressant pour autoriser les déplacements du capot.

10

8. Système selon la revendication précédente dans lequel la matière élastique est formée par une résine.
9. Système selon la revendication 1 dans lequel le capot est réalisé en
5 matériau non ferromagnétique.
10. Système selon la revendication précédente dans lequel le matériau formant le capot est de l'aluminium, du cuivre ou l'un de leurs alliages.

1/3

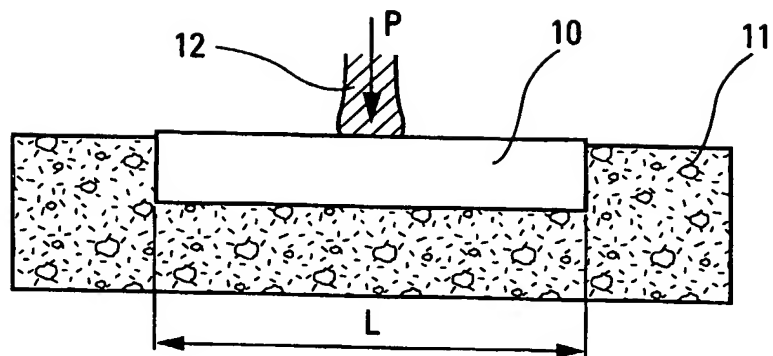


Fig. 1

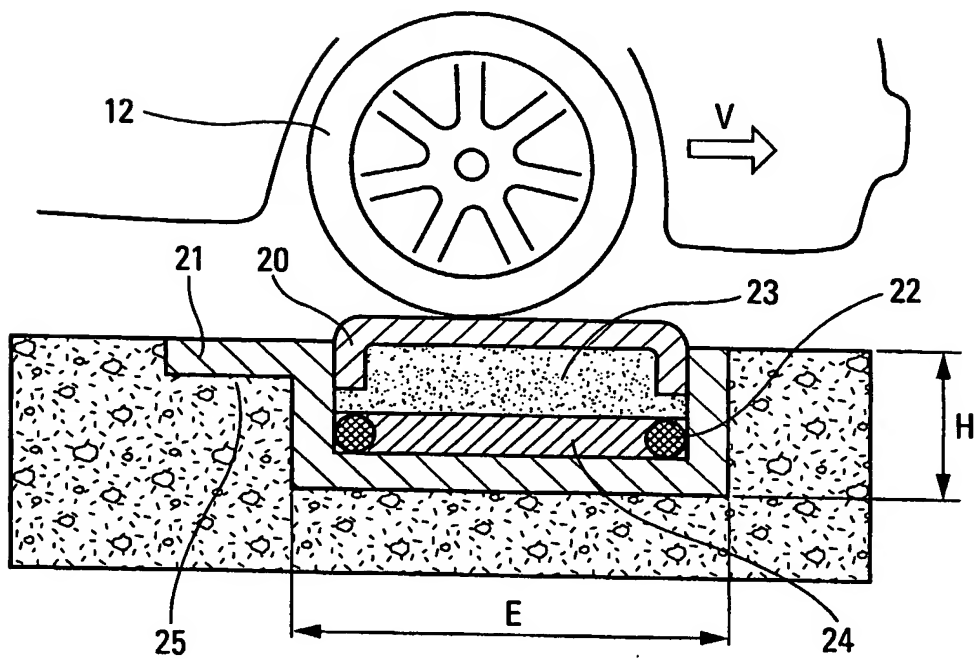


Fig. 2

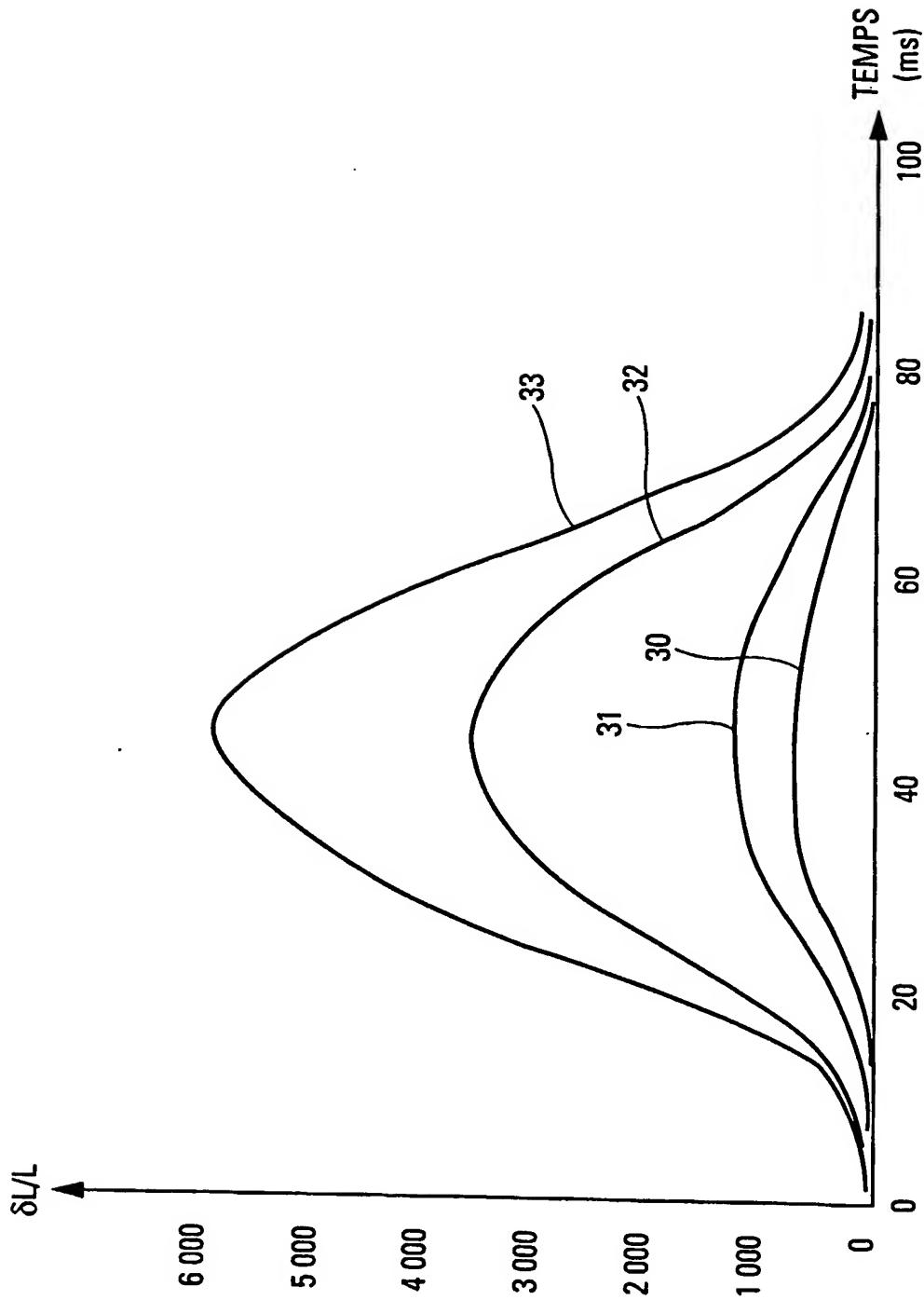


Fig. 3

3/3

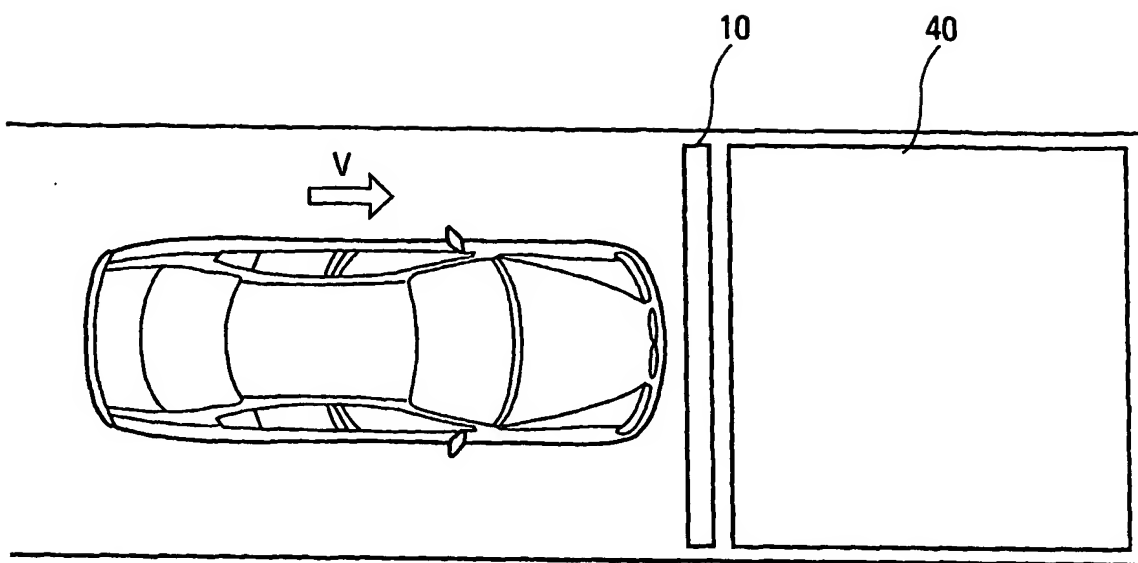


Fig. 4

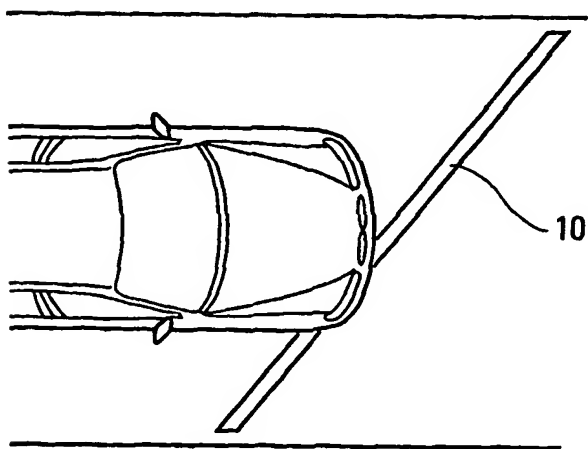


Fig. 5

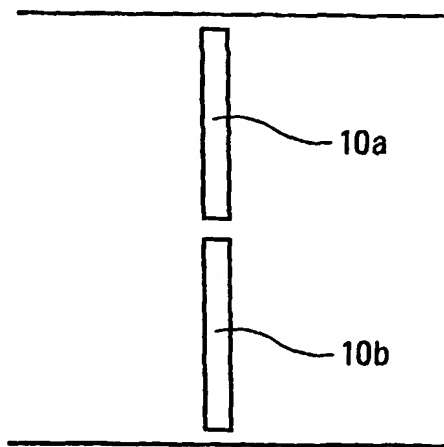


Fig. 6